

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

Přestavba křižovatky ulic Ostravská a Michálkovická v Petřvaldu

Reconstruction of Intersection Ostravská Street and Michalkovická Street in Petřvald

Student:

David Škorupa

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra dopravního stavitelství

# **Zadání bakalářské práce**

Student: **David Škorupa**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3647R020 Dopravní stavby

Téma:

## **Přestavba křižovatky ulic Ostravská a Michálkovická v Petřvaldu Reconstruction of Intersection Ostravská Street and Michalkovická Street in Petřvald**

Jazyk vypracování: čeština

### **Zásady pro vypracování:**

Předmětem bakalářské práce je vypracování návrhu přestavby stávající stykové křižovatky ulic Ostravská (silnice I/59) a Michálkovická (silnice 111/4721) v Petřvaldu na okružní křižovatku. Cílem je prověřit možnost vybudování okružní křižovatky k usnadnění levého odbočení z ulice Michálkovické. Student vypracuje návrh variant řešení a provede výběr nejvhodnější varianty. Výsledný návrh dopracuje na úroveň odpovídající technické studii. Dále provede kapacitní posouzení navržené okružní křižovatky i stávající neřízené křižovatky a posoudí, zda by vybudování okružní křižovatky přispělo ke zlepšení plynulosti dopravy v dané lokalitě.

### **Seznam doporučené odborné literatury:**

#### **České technické normy:**

ČSN 73 6101 Projektování silnic a dálnic

ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací

#### **Resortní technické předpisy:**

TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích

TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích

TP 169 Zásady pro označování dopravních situací na pozemních komunikacích

TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek

TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích

TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy

TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 02.05.2017



---

Ing. Ivan Fencel, Ph.D.  
vedoucí katedry

---

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 2. 5. 2017 .....

..... Škorupa David .....

Škorupa David

### **Prohlašuji:**

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 2.5.2017



## **Anotace**

ŠKORUPA, D. *Přestavba křižovatky ulic Ostravská a Michálkovická v Petřvaldu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra dopravního stavitelství 227, 2017 53s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.

Předmětem bakalářské práce je přestavba stávající úrovně křižovatky ulice Ostravská s ulicí Michálkovická v Petřvaldu na okružní křižovatku, zpracovaná v rozsahu technické studie. Hlavním důvodem přestavby této křižovatky je usnadnění levého odbočení z vedlejší ulice Michálkovická, jenž je znesnadňováno převládající intenzitou dopravy v přímém směru. Bakalářská práce se zaměřuje na popis řešeného území, stávajícího stavu, výpočet intenzit dopravy, následné kapacitní posouzení a také na nehodovost. Cílem této práce je návrh možných variant přestavby křižovatky, provedení kapacitního posouzení těchto variant a dále porovnání. Závěrem je doporučena nejvhodnější varianta přestavby.

## **Anotation**

Škorupa, D. *Reconstruction of Intersection Ostravská Street and Michálkovická Street in Petřvald: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB-Technical university of Ostrava, Civil engineering, Department of transport engineering 227, 2017, 53p. Thesis supervisor doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.

The purpose of this thesis is the reconstruction of current level intersection of Ostravská and Michálkovická street in Petřvald into the roundabout, worked up to the extent of the technical study. Main reason for the reconstruction of this intersection is to facilitate left turn from side street Michálkovická that is problematic due to traffic intensity in main direction. The thesis focuses on description of selected area and its current state, the calculation of traffic intensity, following capacity evaluation and accident rate. The aim of this study is to project the possible alternatives of the reconstruction, work up the capacity evaluation of these alternatives and their comparison. In conclusion the most suitable alternative of the reconstruction is recommended.

**Klíčová slova**

Ulice Ostravská, ulice Michálkovická, křižovatka, okružní křižovatka, přestavba, levé odbočení, intenzita dopravy, Petřvald.

**Keywords**

Ostravská Street, Michalkovická Street, intersection, roundabout, reconstruction, left turn, traffic intensity, Petřvald.

# Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....</b>	<b>10</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>11</b>
<b>2 Popisová část stávajícího stavu.....</b>	<b>12</b>
2.1 Lokalizace města .....	12
2.2 Poloha křižovatky a širší dopravní vztahy.....	13
2.3 Popis stávajícího stavu, šířkové uspořádání .....	14
2.4 Dopravní značení .....	15
<b>3 Dopravní průzkum .....</b>	<b>16</b>
3.1 Intenzita špičkové hodiny .....	17
3.2 Stanovení ročního průměru denních intenzit.....	19
3.3 Výhledová intenzita dopravy .....	20
3.4 Kapacitní posouzení neřízené stykové křižovatky .....	21
3.6 Analýza dopravní nehodovosti .....	27
3.7 Analýza konfliktních situací.....	30
<b>4 Návrh řešení .....</b>	<b>35</b>
4.1 Celkový popis varianty č. 1 .....	35
4.2 Celkový popis varianty č.2 .....	38
4.3 Kapacitní posouzení okružních křižovatek .....	40
<b>5 Vyhodnocení variant .....</b>	<b>43</b>



<b>6 Rozpracování vítězné varianty .....</b>	<b>44</b>
6.1 Identifikační údaje .....	44
6.2 Zdůvodnění studie .....	44
6.3 Stanovení zájmové oblasti .....	44
6.4 Výchozí údaje pro návrh variant .....	44
6.6 Základní údaje navržené varianty .....	45
6.7 Kapacitní posouzení .....	45
6.8 Posouzení průjezdnosti pomocí vlečných křivek .....	46
6.9 Rozhledové poměry .....	46
6.10 Předběžný rozpočet .....	46
<b>7 Závěr .....</b>	<b>47</b>
<b>8 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ .....</b>	<b>49</b>
8.1 Internetové zdroje .....	49
8.2 České technické normy .....	50
8.3 Technické podmínky .....	50
8.4 Ostatní .....	50
8.5 Software .....	50
<b>9 Seznam obrázků a tabulek .....</b>	<b>51</b>
9.1 Seznam obrázků .....	51
9.2 Seznam tabulek .....	51
<b>10 Seznam příloh .....</b>	<b>53</b>

# SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

## Zkratky a symboly

Obr.	obrázek
Tab.	tabulka
č.	číslo
ČSN	česká technická norma
TP	technické podmínky
RPDI	roční průměr denních intenzit
voz.	vozidlo
voz/h	vozidlo/hodina
pvoz/h	přepočtené vozidlo/hodina
km/h	kilometr za hodinu
m	metr
°C	stupně Celsia
a.s.	akciová společnost
KN	konfliktní situace
OK	okružní křižovatka
VVN	velmi vysoké napětí
Kč	koruna česká
v.v.i	veřejná výzkumná instituce

# 1 Úvod

Zadání bakalářské práce ukládá vypracovat návrh přestavby stávající úrovně, stykové křižovatky silnic I/59 a III/4721 v Petřvaldu na okružní křižovatku. Hlavním důvodem přestavby je usnadnění levého odbočení z ulice Michálkovické, které je znesnadňováno díky vzrůstající intenzitě dopravy a celkové zlepšení plynulosti dané lokality. Organizace dopravy na této křižovatce byla již v minulosti upravována, avšak stále činí mnohým řidičům značné potíže díky výše zmíněné intenzitě v době dopravní špičky či nepřehlednosti vodorovného dopravního značení. Cílem bakalářské práce je tedy vypracování návrhů možných variant řešení přestavby, jejich porovnání, vyhodnocení, následný výběr nejvhodnější z nich, a nakonec vypracování výkresové dokumentace vybrané varianty na úroveň technické studie.

Celá práce je členěná do několika částí, a to následovně. Popisová část stávajícího stavu se zabývá, jak již název napovídá, popisem řešeného území, jak z pohledu širších dopravních vztahů, tak popisem stavu současného. Následuje část, která posuzuje současný, ale také návrhový stav této křižovatky. Podkladem pro posouzení těchto stavů sloužil mnou provedený dopravní průzkum intenzit, jenž jsem prováděl čárkovací metodou v intervalech po 15 minutách ze zaznamenaného videozáznamu. V této části se dále nachází analýza dopravní nehodovosti a analýza konfliktních situací.

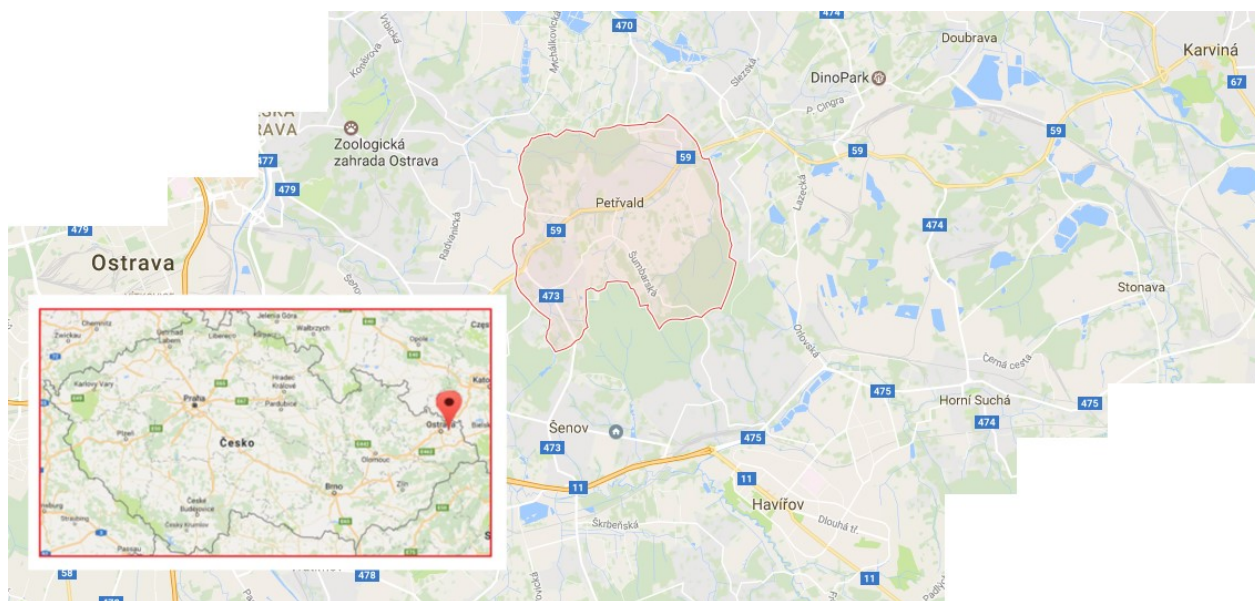
Část Návrh řešení se zabývá konkrétním popisem navržených variant okružních křižovatek. Varianta číslo 1 je řešená jako jednoduchá okružní křižovatka se zajištěním dostatečných rozměrů pro plynulost dopravy a sjednocení tahu v souladu s okolními křižovatkami. Varianta číslo 2 je rovněž řešená jako okružní křižovatka s rozdílem přidání bypassu, jenž tvoří samostatnou větev pro zachování přímého směru z Ostravy do Petřvaldu. S návrhem souvisí další část, a to posouzení okružních křižovatek.

Další části bakalářské práce se zaměřují na vyhodnocení navržených variant a rozpracování vítězné varianty. Závěr poté zhodnotí dosažené výsledky bakalářské práce a doporučí vybranou variantu.

## 2 Popisová část stávajícího stavu

### 2.1 Lokalizace města

Město Petřvald se nachází v slezské části severní Moravy a je součástí okresu Karviná, který leží na severovýchodě České republiky. Město se rozkládá na mírně zvlněném povrchu bez nápadných hor s průměrnou nadmořskou výškou 265 m. Specifický charakter dává městu i celému okresu Karviná již ukončená hlubinná těžba černého uhlí. Tato těžba má za následek poddolování území města, které se nachází na ostravsko-karvinské uhelné pánvi. Těžba zde byla započata v roce 1833 a ukončena v březnu roku 1998. Katastrální výměra města činí 12,63 km<sup>2</sup>. Údaj o celkovém počtu obyvatel 7 252 k datu 1.1.2017 [1] nám napovídá o tom, že zde má nejvyšší podíl doprava tranzitní. Petřvald sousedí s městem Orlová, Havířov, Šenov, Rychvald a s městským obvodem Radvanice. V blízkém okolí města se nachází Zoologická zahrada, DinoPark a Důl ČSA.



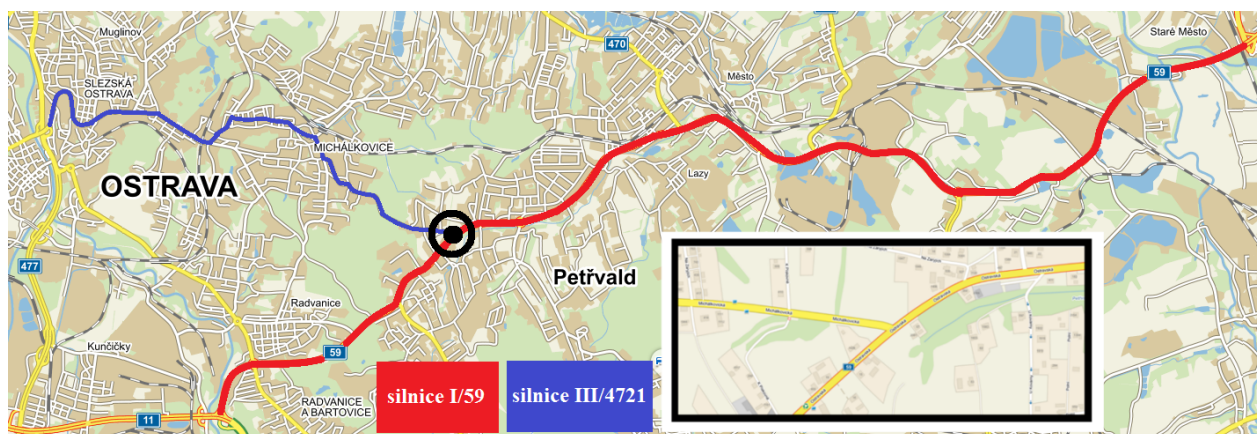
*Obrázek 1 - Lokalizace města [3] – upraveno*

## 2.2 Poloha křižovatky a širší dopravní vztahy

Městem prochází důležitý komunikační tah, a to silnice I. třídy č. 59 spojující statutární města Ostravu a Karvinou. Řešená úrovnňová křižovatka se nachází na této silnici, kde je spojena se silnicí III. třídy č. 4721. Křižovatka se nachází v intravilánu města, kde přilehlé okolí křižovatky není hustě zastavěno.

Hlavní komunikace, silnice I/59 spojuje, jak již bylo výše zmíněno, dvě statutární města a probíhá následovně v tomto směru Ostrava (I/11) – Orlová – Karviná (I/67). V tomto pořadí je protínána silnicí II/479 spojující Havířov a Ostravu. Následovně se napojuje silnice II/473 spojující Frýdek-Místek a Petřvald, silnice III/4721 (řešená křižovatka), silnice III/4726, silnice III/4727, silnice II/470 spojující Rychvald a Orlovou, silnice III/4728, silnice III/47210, silnice II/474 spojující Hnojník a Dětmárovice, silnice II/474 spojující Mosty u Jablunkova a Hrádek, silnice III/4749 a silnice III/47214. Celková délka komunikace I/59 podle staničení činí 17,228 km a spadá pod správu Ředitelství silnic a dálnic ČR [7].

Vedlejší komunikace, silnice III/4721, je využívána jako dopravní tah spojující město Petřvald a statutární město Ostravu. Silnice začíná ve Slezské Ostravě (II/479 a II/477) kde je na tuto silnici postupně napojena silnice III/4723 z Heřmanic, silnice III/4724 z Rychvaldu a silnice III/4725 z Radvanic. Silnice končí v Petřvaldu v místě spojení řešené křižovatky a spadá pod správu Správa silnic Moravskoslezského kraje, příspěvkové organizace [8].



Obrázek 2 - Mapa širších vztahů [4] - upraveno

Křižovatka leží na trase šesti autobusových linek příměstské hromadné dopravy, kterou zajišťují následující společnosti. Společnost ČSAD Karviná a.s. provozuje pět z těchto šesti linek, konkrétně se jedná o autobusové linky čísel 531, 535, 551, 552, 554 [5] a společnost ČSAD Havířov a.s. se svou jedinou linkou číslo 460 [6].

### 2.3 Popis stávajícího stavu, šířkové uspořádání

Hlavní komunikace (ul. Ostravská) se podle ČSN 73 6101 [11] řadí díky svého určení a dopravního významu mezi silnice I. třídy na území města s neomezeným přístupem (zn. S) a charakterově je podle ČSN 73 6110 [13] označována za funkční skupinu B – sběrná místní komunikace sloužící jako průtah silnice I. třídy. Vedlejší komunikace (ul. Michálkovická) je silnicí III. třídy na území města s neomezeným přístupem (zn. S). Společně tyto komunikace vytvářejí stykovou křižovatku se třemi paprsky s usměrněním dopravních proudů na obou komunikacích, a to podle ČSN 73 6102 [12].

Stavební uspořádání hlavní komunikace mimo křižovatku je čtyřpruhové, směrově nerozdělené označené jako MS4 18,5/13,5/50 [13]. Prostor komunikace je tedy složen ze dvou vnějších jízdních pruhů šířky  $a_1 = 3,0$  m, dvou vnitřních jízdních pruhů šířky  $a_2 = 2,75$  m, dělicího proužku šířky  $v_D = 0,5$  m, dvou vodících proužků šířky  $v_1 = 0,25$  m, bezpečnostního odstupu šířky  $b_0 = 0,5$  m a chodníků šířky  $a_{CH} = 2,25$  m. Z pohledu směrového vedení je hlavní komunikace v kružnicovém oblouku. Stavební uspořádání vedlejší komunikace mimo křižovatku je dvoupruhové, směrově nerozdělené označené jako S 9,5/60 [11]. Prostor komunikace je tvořen jízdními pruhy šířky  $a = 3,5$  m, vodícími proužky  $v_1 = 0,25$  m, zpevněnou a nezpevněnou částí krajnice o šířce  $c = 0,50$  m a  $e = 0,50$  m. V prostoru křižovatky je komunikace rozšířena.

Větev A (ulice Ostravská směr Ostrava) je na svém vjezdu složena z dvou jízdních pruhů o šířce  $a_1 = 3,00$  m a  $a_2 = 3,00$  m. Na výjezdu následuje připojovací pruh vlevo od průběžného jízdního pruhu o šířce  $a_2 = 3,00$  m a dále průběžný jízdní pruh o šířce  $a_1 = 3,00$  m. Prostor komunikace je tvořen oboustranným pásem pro chodce o šířce  $a_{CH} = 2,25$  m. Na této větvi se nachází přechod pro chodce o šířce 3,00 m a délce 12,00 m doplněný ochranným ostrůvkem obdélníkového tvaru se zaoblením, který je zde z důvodu zajištění větší bezpečnosti pro přecházející osoby. Přechod pro chodce je tvořen bezbariérově se základní úpravou pro osoby se sníženou orientací ve formě umělé vodící linie jako je varovný a signální pás.

Větev B (ulice Michálkovická) je podle ČSN 73 6102 [12] tvořena kapkovitým ostrůvkem typu B, jenž má dělicí funkci pro vjezd z vedlejší komunikace na hlavní, ale také pro levé odbočení z hlavní komunikace. Na výjezdu se poté nachází trojúhelníkový směrovací ostrůvek pro usměrnění dopravních proudů. Prostor komunikace tvoří oboustranné pásy pro chodce o šířce  $a_{CH} = 2,25$  m a končící těsně za hranicí křižovatky kde následuje šířkové uspořádání podle příslušné výše uvedené kategorie.

Větev C (ulice Ostravská směr Petřvald centrum) je složena z přímého jízdního pruhu na vjezdu o šířce šířky  $a_1 = 3,00$  m. Na výjezdu poté následuje přídatný odbočovací pruh pro levé odbočení na vedlejší komunikaci o šířce  $a_2 = 3,00$  m a délce přibližně 80 m. Dále pak ze dvou přímých jízdních pruhů na výjezdu šířek  $a_2 = 2,75$  m a  $a_1 = 3,00$  m. Prostor komunikace je po obou stranách doplněn o pás pro chodce šířky  $a_{CH} = 2,25$  m.

## 2.4 Dopravní značení

Křižovatka je řešena s určením přednosti v jízdě pomocí svislého dopravního značení doplněné o vodorovné dopravní značení. Provedení dopravního značení křižovatky odpovídá TP 65 [14], TP 70 [15] a TP 133 [16]. Hlavní komunikace je označena pomocí svislé dopravní značky P2 „Hlavní pozemní komunikace“. Vedlejší komunikace pomocí svislé dopravní značky P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“. Přídatný odbočovací pruh je znázorněn značkou IP19 „Řadící pruhy“. Přechod pro chodce je označen informativní značkou IP06 „Přechod pro chodce“. Za ochranným ostrůvkem pro chodce se nachází značka IP18a „Zvýšení počtu jízdních pruhů“. U dopravních ostrůvků se nachází příkazové dopravní značení pomocí značky C4a „Příkazaný směr objíždění vpravo“ a C4c „Příkazaný směr objíždění vpravo a vlevo.“

Vodorovné dopravní značení (dále jen VDZ) na hlavní komunikaci je ve velmi dobrém stavu, a to z důvodu nedávno provedené souvislé údržby, díky které muselo být uděláno nové značení. Současné VDZ je tvořeno buď z profilovaného plastického materiálu, kde hmota vytváří v pravidelných intervalech příčné výstupky, které vyčnívají z vodního filmu a tím zajišťují zvucící efekt či vibrační účinek – VDZ typu II profilované nebo jako hladké, u kterých je celoplošně nanesená hmota opatřená balotinou s velkými zrny, které je použito na dopravní stín a plochy. VDZ hladkého typu na vedlejší komunikaci se již nenachází v tak dobrém stavu jako na komunikaci hlavní, avšak viditelnost značení je zatím stále zajištěna.

### 3 Dopravní průzkum

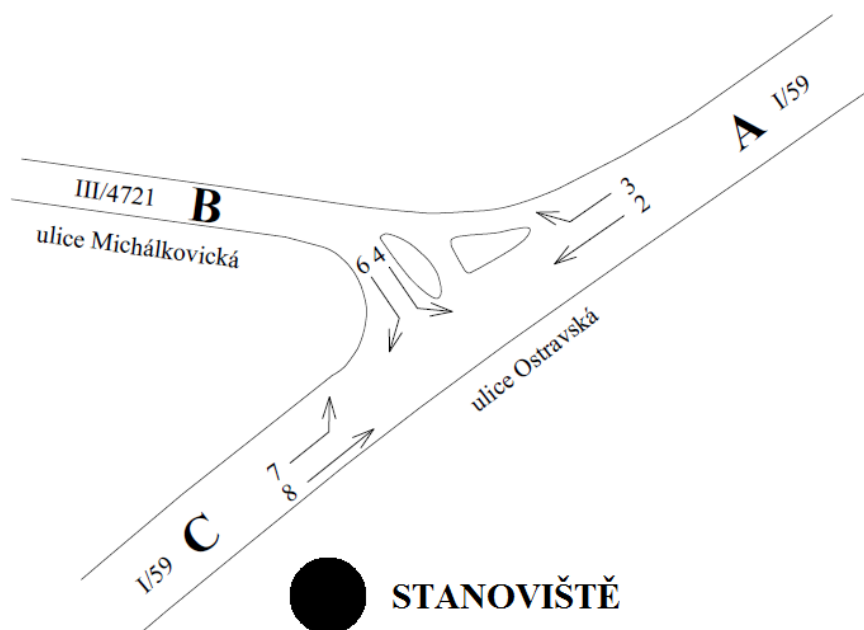
Dopravní průzkum intenzit je nezbytná činnost za účelem zjištění složení dopravních proudů špičkové hodiny pro posouzení, plánování a projektování pozemních komunikací. Z výše uvedeného důvodu jsem ve čtvrtek dne 20.10.2016, v době od 6:00 do 8:00 hodin a v době od 14:00 do 16:00 hodin provedl na řešené křižovatce vlastní dopravní průzkum ve dvouhodinových intervalech, jenž probíhal v běžný pracovní den stejně tak jako den předcházející a následující. Provoz v době provádění dopravního průzkumu nebyl nijak ovlivněn mimořádnými událostmi. V tento den bylo nepříznivé počasí, obloha zatažená s deštěm a teplotou okolo 7 °C.

Metodou pro přesné provedení průzkumu s eliminací chybného zápisu kvůli vysoké intenzitě bylo nahrávání videozáznamu na nahrávací zařízení v uvedených časových intervalech (odpolední záznam nebyl prodlužován, jelikož intenzita dopravy klesala) a následného přehrávání se zapisováním do sčítacích listů, které byly pro přehlednost rozděleny podle příslušných dopravních proudů a doporučených skupin vozidel podle TP 189 [21]. Pro tento postup bylo důležité vhodné zvolení místa s nejlepším rozhledovým polem odkud bylo vidět na celou křižovatku. Doporučené rozdělení vozidel je následující:

- O – Osobní automobily
- M – Motocykly
- N – Nákladní automobily
- K – Nákladní soupravy
- A – Autobusy

Hodnota intenzity chodců byla velmi nízká a z tohoto důvodu nebyla zaznamenávána. Dělení vozidel pro celostátní či dlouhodobé sčítání je podrobnější, avšak pro mou potřebu je tohle rozdělení zcela dostačující. Při záznamu do sčítacích listů byla použita přímá čárkovací metoda v intervalech po 15 minutách. Pro snadnou orientaci jsem zvolil popis jednotlivých ramen křižovatky pomocí písmen A, B, C a dopravní proudy pomocí čísel 2, 3, 4, 6, 7, 8 v pořadí proti směru hodinových ručiček. Přehledné zobrazení popisu dopravních proudů a ramen řešené křižovatky se nachází na Obrázku číslo 3. Přehled protokolů ze sčítání intenzit je v příloze č. 1.





Obrázek 3 - Uspořádání dopravních proudů a označení ramen křižovatky

### 3.1 Intenzita špičkové hodiny

Intenzitu špičkové hodiny jsem získal ze sčítání výsledků ranního a odpoledního dopravního průzkumu, které jsou uvedeny v tabulce č.1 a č.2. Z tohoto sčítání vyplývá určení intenzity špičkové hodiny v ranních hodinách od 6:15 do 7:15 s celkovou intenzitou  $I = 1322$  voz/h. V odpoledních hodinách od 14:30 do 15:30 dosáhlo sčítání maximálních hodnot s celkovou intenzitou  $I = 1467$  voz/h. Ze sčítání je patrné klesání intenzit v pozdějších intervalech měření. Intenzitu špičkové hodiny značíme zkratkou  $I_{sh}$ .

Tabulka 1 - Intenzita dopravy v ranních hodinách

VOZIDLA	ČASOVÝ INTERVAL							
	6:00-6:15	6:15-6:30	6:30-6:45	6:45-7:00	7:00-7:15	7:15-7:30	7:30-7:45	7:45-8:00
Motocykl	0	1	1	0	0	0	0	0
Osobní automobil	250	305	355	308	265	271	325	250
Nákladní automobil	17	11	11	14	13	20	18	21
Nákladní souprava	0	7	3	4	5	5	4	3
Autobus	3	4	6	3	6	2	4	2
<b>SUMA [voz/h]</b>	270	328	376	329	289	298	351	276
Součet intenzit jednotlivých hodin [voz/h]	1303							
	1322							
	1292							
	1267							
					1214			

Tabulka 2 - Intenzita dopravy v odpoledních hodinách

VOZIDLA	ČASOVÝ INTERVAL							
	14:00-14:15	14:15-14:30	14:30-14:45	14:45-15:00	15:00-15:15	15:15-15:30	15:30-15:45	15:45-16:00
Motocykl	1	1	1	0	0	0	0	0
Osobní automobil	294	305	344	362	339	352	328	318
Nákladní automobil	15	5	13	12	7	11	13	7
Nákladní souprava	5	3	2	1	1	5	4	4
Autobus	5	5	4	5	4	4	2	4
<b>SUMA [voz/h]</b>	320	319	364	380	351	372	347	333
Součet intenzit jednotlivých hodin [voz/h]	1383							
	1414							
	1467							
	1450							
	1403							

Po vypočítání uvedených hodnot jsem porovnal výsledky s orientační maximální kapacitou různých typů křižovek na základě tabulky č.8 podle normy ČSN 73 6102 [12]. Porovnáním výsledné intenzity dopravy a orientační maximální hodinové kapacity jsem zjistil, že v současné době dosahuje intenzita křižovatky zhruba 80 % hodnoty maximální kapacity. Na základě tohoto údaje bylo také potřeba provést kapacitní posouzení křižovatky v souladu se způsobem uvedeným v TP 188 [20]. Pro následné výpočty jako je výhledová intenzita nebo posouzení kapacity křižovatky je potřeba znát přesnou skladbu intenzit jednotlivých dopravních proudů během špičkové hodiny. Údaje o skladbě jsem z tohoto důvodu vypracoval do samostatné tabulky č. 3. Na Obr. 4 uvádím graficky zpracovaný dopravní průzkum, který je ve formě pentlogramu.



Obrázek 4 – Pentlogram odpolední špičkové hodiny

Tabulka 3 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině

PAPRSEK KŘÍŽOVATKY	ŠPIČKOVÁ HODINA:	14:30-15:30					
	DOPRAVNÍ PROUD	DRUH VOZIDLA					SUMA [voz/h]
		M	O	N	K	A	
A	2	0	388	19	4	8	419
	3	0	71	0	0	0	71
B	4	0	92	0	1	0	93
	6	0	27	1	0	0	28
C	7	0	32	2	0	0	34
	8	1	787	21	4	9	822
SUMA všechny směry [voz/h]		1	1397	43	9	17	1467

### 3.2 Stanovení ročního průměru denních intenzit

Stanovení odhadu ročního průměru denních intenzit (zn. RPDI) jsem provedl v souladu s TP 189 [21], kde se nalézá podrobný popis výpočtu pomocí přepočtových koeficientů zohledňující intenzitu dopravy. Z důvodu krátkodobého průzkumu jsem stanovení odhadu hodnoty RPDI provedl pro každý druh vozidla podle následujícího vzorce:

$$RPDI_x = I_m \cdot k_{m,d} \cdot k_{d,t} \cdot k_{t,RPDI} \quad [\text{voz/den}], \quad (1)$$

kde:

$I_m$  intenzita dopravy daného druhu vozidla zjištěná v době průzkumu  
[voz/doba průzkumu]

$k_{m,d}$  přepočtový koeficient intenzity denních variací dopravy [-]

$k_{d,t}$  přepočtový koeficient intenzity týdenních variací dopravy [-]

$k_{t,RPDI}$  přepočtový koeficient intenzity ročních variací dopravy [-]

Roční průměr denních intenzit dopravy vychází ze součtu jednotlivých ročních průměrů denních intenzit dopravy pro jednotlivé druhy vozidel. V průběhu výpočtu jsem zaokrouhloval vypočtené přepočtové koeficienty intenzit dopravy na dvě desetinná místa. Pro přesné stanovení odhadu intenzity dopravy je nutný nepřetržitý průzkum po celé období. Jelikož tento postup není zcela obvyklý, bylo potřeba stanovit tuto hodnotu výpočtem. Odhad je tedy zatížen chybou následkem variabilnosti intenzity dopravy. Přesnost je dána odchylkou, jenž se vypočte jako:

$$\delta = 95 \cdot \left( \frac{I_m}{RPDI} \cdot 100 \right)^{-0,6} \quad [\%], \quad (2)$$

kde:

$\delta$	odchylka odhadu ročního průměru denních intenzit [%]
$l_m$	intenzita dopravy v době průzkumu [voz/doba průzkumu]
$RPDI$	odhad ročního průměru denních intenzit dopravy [voz/den]

Výsledkem ročního průměru denních intenzit pro zadanou křižovatku je hodnota 16 612 voz/den s odchylkou o velikosti  $\delta = 17,5$  %. Protokol s výpočtem o odhadu denních intenzit přikládám do přílohy č.2.

### 3.3 Výhledová intenzita dopravy

Při návrhu komunikací se vychází z posouzení kapacit na výhledovou intenzitu dopravy, ta se provádí podle TP 225 [22]. Technické podmínky určují dvě metody prognózy intenzit dopravy:

- Metodou jednotného součinitele růstu, nebo
- Matematickým modelem zatížení dopravní sítě

V mém případě jsem zvolil první metodu, tedy metodu jednotného součinitele růstu. Principem tohoto postupu je předpoklad stejného růstu intenzit na příslušných komunikacích stejného typu bez ohledu na polohu v řešeném území. Výhledovou intenzitu dopravy poté odvodíme z výchozí hodinové intenzity [voz/h], v mém případě zjištěné pomocí dopravního průzkumu. Jelikož prognóza rozlišuje pouze dvě základní skupiny vozidel, bylo potřeba správně přiřadit jednotlivé druhy vozidel k příslušné skupině podle TP 189 [21]. Rozdělení skupin je následující:

- L – lehká, do které řadíme M – motocykly, O – osobní automobily
- T – těžká, které zahrnují N – nákladní automobily, A – autobusy, K – nákladní soupravy

Poslední nutná informace k provedení prognózy je typ komunikace. Rozeznáváme různé hodnoty koeficientů podle příslušného typu komunikace. Určení typu komunikace je následující:

- D – dálnice, rychlostní silnice
- I – silnice I. třídy
- II+III – silnice II. třídy, silnice III. třídy

Samotný výpočet výhledové intenzity dopravy jsem provedl jako násobek výchozí intenzity a koeficientu prognózy intenzit dopravy. Koeficient prognózy vychází z charakteristického vývoje intenzit dopravy a je zohledňován kritérií skupin vozidel a typu komunikace. Níže uvedený vzorec jsem použil samostatně pro jednotlivé skupiny vozidel.

$$I_{vi} = I_{0i} \cdot k_{pi} \quad [\text{voz/h}], [\text{voz/den}], \quad (3)$$

kde:

$I_{vi}$  výhledová intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [voz/den], [voz/h]

$I_{0i}$  výchozí intenzita pro danou skupinu vozidel [voz/den], [voz/h]

$k_{pi}$  koeficient prognózy intenzity dopravy pro danou skupinu vozidel [-]

Aby bylo možné tento vzorec použít, bylo potřeba dopočítat hodnotu koeficientu prognózy intenzit pro danou skupinu vozidel podle vzorce:

$$k_{pi} = \frac{k_{vi}}{k_{0i}} \quad [-] \quad (4)$$

kde:

$k_{vi}$  koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu voz. [-]

$k_{0i}$  koeficient vývoje dopravy pro výchozí rok a danou skupinu vozidel [-]

Správný postup výpočtu zajistíme vhodným zvolením výhledového roku. Za výhledový rok jsem určil rok 2036, což je doba 20 let, která odpovídá doporučené hodnotě pro návrh okružních křižovatek. Po tomto výpočtu jsem získal hodnotu výhledové intenzity dopravy pro všechny vozidla v době odpolední špičky, a to 1963 voz/h. Vypracovaný protokol s výhledovou intenzitou se nalézá v příloze č. 3.

### 3.4 Kapacitní posouzení neřízené stykové křižovatky

Kapacita neřízené křižovatky je poměrně limitována. Pouze orientačně lze uvažovat o její hranici kapacity sumou všech vjezdů mezi 1200–1800 voz/h. Podkladem pro posouzení kapacity je znalost složení intenzit jednotlivých dopravních proudů, které musí být rozlišeny podle druhu vozidla. K tomuto účelu se využijí data získané dopravním průzkumem. Naopak při návrhu křižovatky se využijí data získané výpočtem buďto pomocí výhledové intenzity v době špičkové hodiny nebo pomocí výhledové padesátirázové intenzity. První případ se vztahuje pro místní

komunikace a průjezdní úseky silnic. Druhý případ poté na silnice a dálnice. V mém případě byla zvolená možnost první, a to na základě charakteru průjezdní silnice v zastavěném území obce. Důležitým prvkem podkladu je také geometrické uspořádání křižovatky a rychlost na hlavní komunikaci. Podle ČSN 73 6102 [12] se na silnici I. třídy požaduje stupeň kvality dopravy C a na silnici III. třídy požaduje stupeň E. Stupně úrovně kvality dopravy lze charakterizovat podle TP 188 [20] následujícím způsobem:

- **Stupeň A:** Doba zdržení je velmi malá
- **Stupeň B:** Podřazený dopravní proud je ovlivněný. Doba zdržení je malá.
- **Stupeň C:** Doba zdržení je citelná. Vznikají ojedinělé krátké fronty.
- **Stupeň D:** Fronta vozidel vyvolává výrazné časové ztráty. Dopravní situace je ještě stabilní.
- **Stupeň E:** Tvoří se fronta, která se při existujícím zatížení již nesnižuje. Charakteristická je citlivá závislost, kdy malé změny zatížení vyvolají prudký nárůst ztrát.
- **Stupeň F:** Kapacita je překročena. Fronta vozidel narůstá bez ohledu na dobu čekání. Křižovatka je přetížena v delším časovém intervalu.

Postup při výpočtu byl dodržen podle příslušné TP 188 [20], která jej detailně popisuje. Řešenou křižovatku jsem kapacitně posoudil na intenzitu dopravy v odpoledním čase špičkové hodiny získanou vlastním dopravním průzkumem. Následně jsem provedl posouzení pro výhledovou intenzitu ve stejném časovém období. Obě intenzity dopravních proudů byly přepočteny pomocí přepočtových koeficientů, které jsou pro kapacitní výpočet doporučeny. Tyto koeficienty uvádím v tabulce č. 4. Po přepočtení jsem získal nové hodnoty dopravní intenzity pro jednotlivé dopravní proudy ve špičkové hodině.

*Tabulka 4 - Doporučené přepočtové koeficienty pro stykovou křižovatku [20]*

<i>Typ křižovatky</i>	<i>Motocykly</i>	<i>Osobní vozidla</i>	<i>Nákladní vozidla, autobusy</i>	<i>Nákladní soupravy, kloubové autobusy</i>
Styková	0,8	1	1,5	2,0

Následně jsem zjistil geometrické uspořádání křižovatky jako je počet pruhů křižovatky, počet jízdních pruhů, počet řadících pruhů a jejich délky pro odbočení nebo také nejvyšší dovolenou rychlost na hlavní komunikaci. Důležitá je také úprava přednosti v jízdě, která je na křižovatce řešena pomocí svislé dopravní značky č. P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“. Na základě metodiky výpočtu kapacity neřízené křižovatky je nezbytné rozlišit stupně podřazenosti jednotlivých dopravních proudů. Celkem se rozlišují čtyři stupně podřazenosti jednotlivých dopravních proudů, avšak pro řešenou stykovou křižovatku jsem využil tři.

*Tabulka 5 - Stupně podřazenosti proudů pro stykové křižovatky [20]*

Stupeň	Charakteristika	Dopravní proudy
1.	Nadřazenost	2, 3, 8
2.	Jednoduchá podřazenost proudu 1. stupně	6, 7
3.	Dvojnásobná podřazenost proudům 1. a 2. stupně	4

Jakmile se určí stupně podřazenosti proudů následuje určení rozhodující intenzity nadřazených proudů. Hodnota se určí podle typu křižovatky z tabulky č. 6. Do výpočtu nadřazených proudů jsou zahrnuty hodnoty ve skutečných vozidlech.

*Tabulka 6 - Součet intenzit nadřazených proudů stykové křižovatky [20]*

Podřazený proud	Číslo	Součet intenzit nadřazených dopravních proudů	[voz/h]
Levé odbočení z hlavní	7	$I_2 + I_3$	490
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2 + 0,5 \cdot I_3$	455
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_8 + I_7$	1311

Předposlední veličinou pro kapacitní výpočet je hodnota kritických časových odstupů  $t_g$ . Veličina se stanovuje pro konkrétní rychlost jízdy na hlavní komunikaci. V případě řešené křižovatky pro rychlost 50 km/h a podle druhu dopravního proudu.

*Tabulka 7 - Střední hodnota kritických časových odstupů  $t_g$  [20]*

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	Funkce $t_g$ v závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci $v_{85\%}$ [km/h] - $v$ [s]	$t_s$ [s] pro 50 km/h
Levé odbočení z hlavní	7	$t_g = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%}$	4,5
Pravé odbočení z vedlejší	6	$t_g = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%}$	4,7
Levé odbočení z vedlejší	4	$t_g = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%}$	6,3

Poslední veličinou pro kapacitní výpočet je hodnota následných odstupů  $t_f$ . Hodnoty následných odstupů jsem určil podle druhu dopravního proudu a úpravy přednosti jízdy pomocí dopravní značky.

*Tabulka 8 - Hodnoty následného časového odstupu  $t_f$  [20]*

Druh dopravního proudu	Číslo dopravního proudu	$t_f$ [s] P6
Levé odbočení z hlavní	7	2,6
Pravé odbočení z vedlejší	6	3,7
Levé odbočení z vedlejší	4	4,1

Kapacita dopravních proudů 1. stupně (dopravní proudy č. 2, 3, 8) je zadávána jako kapacita volně se pohybujících dopravních proudů. Hodnota se udává všeobecně jako 1800 pvoz/h. Kapacita dopravních proudů 2. stupně (dopravní proudy č. 6, 7) je rovna se základní kapacitou, pro kterou platí níže uvedený vztah (4). Na hlavní komunikaci se nachází samostatný pruh pro odbočení vlevo (dopravní proud 7). V tomto pruhu se netvoří fronty jak z důvodu dostačující délky okolo 80 m tak kvůli nízké intenzitě proudu č. 7.

$$C_n = G_n \quad [\text{pvoz/h}], \quad (5)$$

kde:

$G_n$  základní kapacita jízdního proudu n-tého stupně [pvoz/h]

Základní kapacitu jsem stanovil na základě níže uvedeného vztahu pro výpočet:

$$G_n = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_H}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2})} \quad [\text{pvoz/h}] \quad (6)$$

kde:

$G_n$  základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h]

$I_H$  rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h]

$t_g$  kritický časový odstup [s]

$t_f$  následný časový odstup [s]



Při výpočtu podřazeného dopravního proudu 3. stupně (dopravní proud č.4) jsem musel zohlednit pravděpodobnost nevzdutí rozhodujícího nadřazeného dopravního proudu, který snižuje její základní kapacitu. Za zmínku jistě stojí, že podkladní TP 188 [20] nezohledňuje výpočet kapacity pro stykovou křižovatku s připojovacím pruhem vlevo od průběžného jízdního pruhu. Na základě toho jsem provedl výpočet kapacity pro klasický případ stykové křižovatky bez připojovacího pruhu vlevo od průběžného jízdního pruhu. Pro řešenou křižovatku se poté vztahuje následující vzorec:

$$C_4 = p_{0,7} \cdot G_4 \quad [\text{pvoz/h}] \quad (7)$$

kde:

$p_{0,7}$  pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu č.7 [-]

Pravděpodobnost  $p_{0,n}$  se vypočítá ze vztahu:

$$p_{0,n} = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 - a_v) \\ 0 \end{array} \right. = \left( 1 - \frac{I_n}{C_n} \right) \quad [-] \quad (8)$$

kde:

$n$  dopravní proud 7 [-]

$a_v$  stupeň vytižení pro n-tý proud [-]

$I_n$  intenzita dopravy dopravního proudu n [pvoz/h]

$C_n$  kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h]

Následně se vypočte rezerva kapacity příslušných dopravních proudů podle vztahu (8), na které závisí střední doba zdržení  $t_w$ .

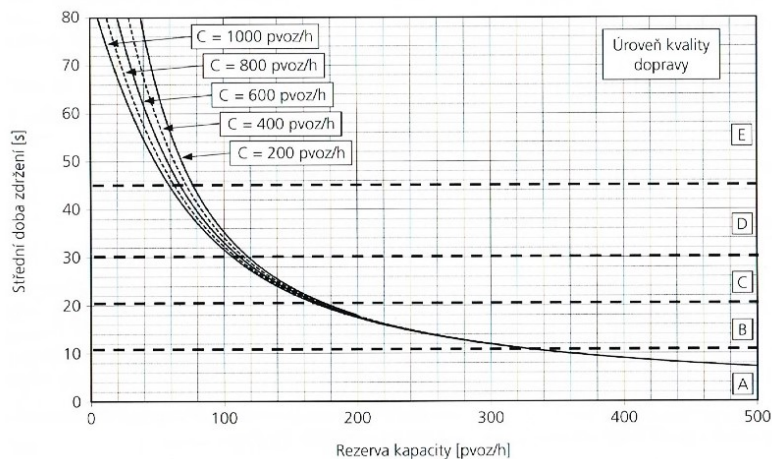
$$Rez = C_n - I_n \quad [\text{pvoz/h}] \quad (9)$$

kde:

$C_n$  kapacita pruhu [pvoz/h]

$I_n$  intenzita dopravního proudu n [pvoz/h]

Střední doba zdržení  $t_w$  slouží k určení úrovně kvality dopravy a lze ji orientačně vyjádřit pomocí obrázku č. 5 na základě získaných hodnot rezervy kapacity.



Obrázek 5 – Graf vztahu střední doby zdržení na kapacitě a rezervy

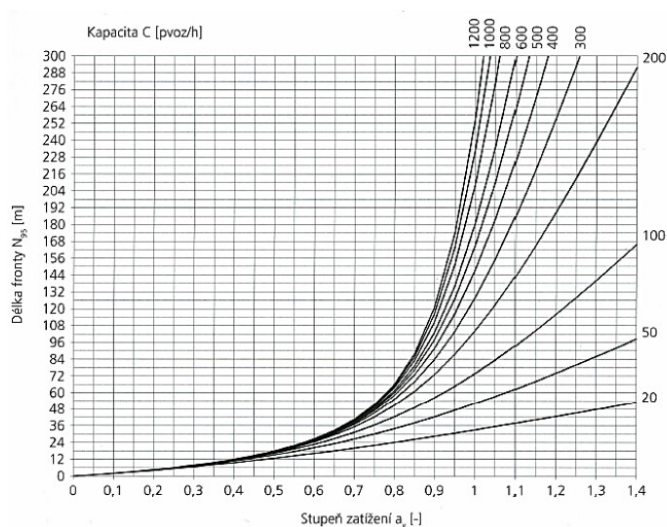
V posledním bodě se vypočítá délka fronty  $N_{95\%}$  na vjezdech, stanovenou v závislosti na stupni vytižení dopravního proudu. Pro orientační určení délky fronty mi posloužil graf z obrázku č.6. a pro přesný výpočet vzorec. Stupeň vytižení je dán následujícím vztahem:

$$a_v = \frac{I_n}{C_n} \quad [-] \quad (10)$$

kde:

$I_n$  návrhová intenzita dopravního proudu  $n$  [pvoz/h]

$C_n$  kapacita pruhu dopravního proudu  $n$  [pvoz/h]



Obrázek 6 - Graf pro určení délky fronty[20]

Příslušné výsledky o kapacitním posouzení se nachází v protokolech přílohy č. 4.

### 3.6 Analýza dopravní nehodovosti

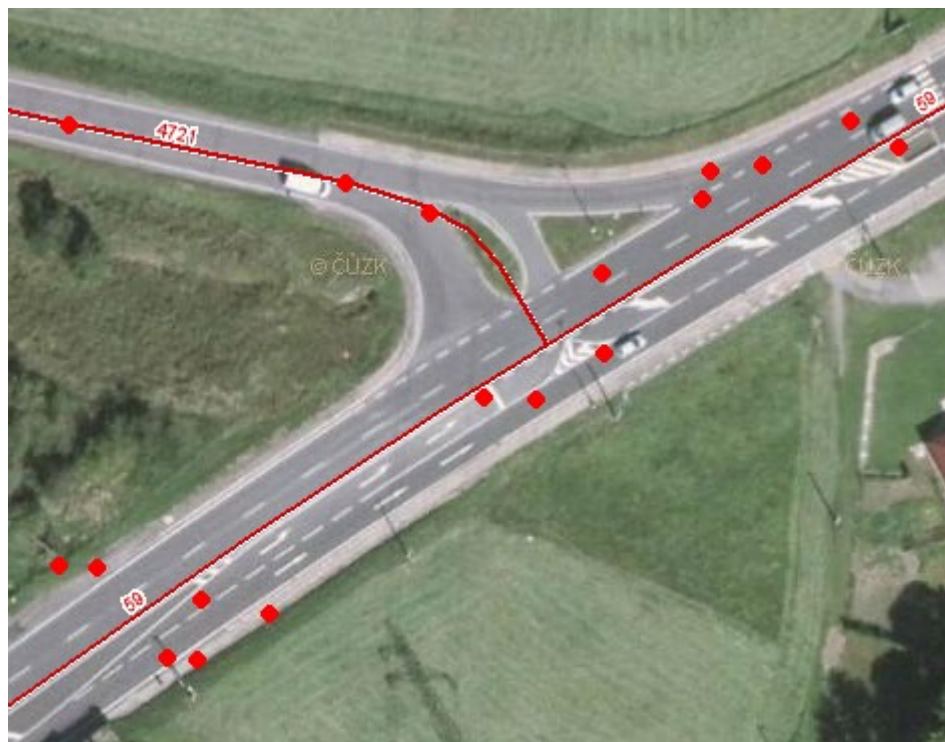
Jedním ze základních charakteristický rysů moderní civilizace je rozvoj dopravy. Zvyšující se koncentrace vozidel a jiných dopravních prostředků, jejich neustálé zdokonalování a zvyšování jejich rychlosti nám přináší i negativní jevy. Jedním z nich je zvyšující se počet dopravních nehod. Dopravní nehody jsou ve své podstatě jevy, které zanechávají přechodné, ale i trvalé změny na zdraví jejich účastníků, na technickém stavu dopravních prostředků a někdy také na komunikaci [24].

Pojem nehodovost není pouhým faktem, se kterým se musíme smířit a rozhodně ji nemůžeme považovat za výstup nárůstu intenzit dopravy. Největší roli při vzniku dopravní nehody způsobuje selhání lidského faktoru. Mezi nejčastější z těchto příčin selhání je nedostatečné věnování plné pozornosti řízení vozidla, nepřizpůsobení rychlosti stavu vozovky či nedodržení vzdálenosti za vozidlem. Nehodovost v dopravě můžeme ovlivnit také v projekci, kde díky analyzování příčin vzniku nehod se následně pokoušíme hledat a uskutečňovat taková opatření jenž zajistí bezpečnost na pozemních komunikacích. Mezi tyto opatření můžeme například zařadit úpravy svislého a vodorovného dopravního značení, návrh různých bezpečnostních prvků, zklidnění dopravy či návrhu změny stávající křižovatky jako tomu je v této bakalářské práci.

Dne 1. ledna 2009 vešla v platnost novela zákona o dopravních nehodách, která ztížila přesnost informací o dopravních nehodách, a to z důvodu změny hlášení nehod Policii ČR. Po této změně bychom měli hlásit pouze nehodu s hmotnou škodou přesahující 100 000 Kč, nehody, při níž došlo k poškození majetku třetí osoby nebo újmě na zdraví.

Analýzu dopravní nehodovosti jsem zpracoval na základě veřejně přístupného informačního systému, který promítá statistické údaje dopravní nehodovosti Policie ČR na mapovém podkladu. Informační systém je přístupný z webových stránek, které provozuje Centrum dopravního výzkumu v.v.i (veřejná výzkumná instituce) [9]. Systém slouží ke sběru dat, které by měli pomoci ke zvýšení bezpečnosti v provozu na pozemních komunikacích, avšak úpravou novely se přichází o značnou část nově sbíraných dat.

Vyhodnocení dopravní nehodovosti na předmětné křižovatce vychází ze statistiky dat Policie ČR v období od podzimu roku 2007 do začátku roku 2017. V tomto necelém desetiletém období se stalo celkem sedmnáct dopravních nehod. Na obrázku č. 7 je možno vidět letecký snímek se zaznačením míst nehod v mapě pomocí výše zmíněné aplikace. Následně jsem zpracoval informace uvedené u každé dopravní nehody. Jde tak například o uvedené informace ohledně data, druhu a hlavní příčiny nehody nebo také o stavu povrchu vozovky či druhu srážky.



Obrázek 7 - Snímek dopravní nehodovosti [10]

Tabulka 9 - Hlavní příčiny nehody

HLAVNÍ PŘÍČINY NEHODY	MNOŽSTVÍ	%
nepř. rychlosti stavu vozovky	5	29,41
nedodržení bez. vzdálenosti za vozidlem	1	5,88
proti příkazu dopr. značky STŮJ DEJ PŘEDNOST	2	11,76
chyby při udání směru jízdy	1	5,88
chodci na vyznačeném přechodu	1	5,88
nezavinění řidičem	4	23,53
při odbočování vlevo	1	5,88

*Tabulka 10 - Všeobecný přehled dopravních nehod*

DOPRAVNÍ NEHODY				
ČÍSLO NEHODY	DATUM	ČETNOST [rok]	DRUH NEHODY	LEHCE ZRANĚNO
1	27.10.2007	3	srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	0
2	27.12.2007		srážka s pevnou překážkou	0
3	28.12.2007		srážka s pevnou překážkou	0
4	4.8.2008	2	srážka se zvěří	0
5	22.11.2008		srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	0
6	31.3.2010	2	srážka se zvěří	0
7	16.11.2010		srážka s pevnou překážkou	0
8	21.7.2011	1	srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	1
9	4.4.2012	2	srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	1
10	24.12.2012		srážka s pevnou překážkou	0
11	11.1.2013	3	srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	1
12	20.2.2013		srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	3
13	3.9.2013		srážka s chodcem	1
14	28.4.2014	1	srážka se zvěří	0
15	9.9.2015	1	srážka s pevnou překážkou	0
16	13.3.2016	1	havárie	1
17	20.1.2017	1	srážka se zvěří	0

Z tabulky číslo 10 lze vyčíst každoroční počet dopravních nehod. Během roku se v průměru stane okolo 2 dopravních nehod. Nejčastější druh nehody je srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem v počtu 6 nehod. Následuje srážka s pevnou překážkou v počtu 5 nehod. Jako hlavní příčina nehody se stává nepřizpůsobení rychlosti ke stavu vozovky i když stav povrchu byl v době nehod nejčastěji suchý a neznečištěný.

*Tabulka 11 - Přehled stavu povrchů v době dopravních nehod*

STAV POVRCHU VOZOVKY	MNOŽSTVÍ	%
souvislá sněhová vrstva, rozbředlý sníh	1	5,88
povrch suchý, neznečištěný	8	47,06
na vozovce je náledí, ujetý sníh - posypané	2	11,76
povrch mokrý	6	35,29

*Tabulka 12 - Přehled stavu povrchů v době dopravních nehod*

STAV POVRCHU VOZOVKY	MNOŽSTVÍ	%
souvislá sněhová vrstva, rozbředlý sníh	1	5,88
povrch suchý, neznečištěný	8	47,06
na vozovce je náledí, ujetý sníh - posypané	2	11,76
povrch mokrý	6	35,29

Řešená křižovatka dlouhodobě nepatří mezi nehodové, avšak počet dopravních nehod zanedbatelný není. Na tomto základě jsem se rozhodl pro vyhodnocení dopravní nehodovosti pomocí ukazatele relativní nehodovosti pro křižovatku. Je to klasický a nejběžnější ukazatel pro vyhodnocení bezpečnosti, respektive nebezpečnosti komunikace. Výsledné hodnoty ukazatele pro bezpečné křižovatky se obvykle pohybují v intervalu od 0,1 do 0,9. Vyšší hodnoty ukazují drobné nedostatky v bezpečnosti provozu. Hodnoty vyšší než 1,6 ukazují zásadní nedostatky v bezpečnosti provozu. Hodnotu relativní nehodovosti křižovatky získáme vzorcem:

$$R = \frac{N_0}{365 \cdot I \cdot t} \cdot 10^6 \quad [\text{počet osobních nehod/mil.voz.a rok}] \quad (11)$$

kde:

$N_0$  počet osobních nehod celkem ve sledovaném období

$I$  průměrná denní intenzita provozu [voz/den]

$t$  délka sledovaného období [rok]

dosazení do vzorce:

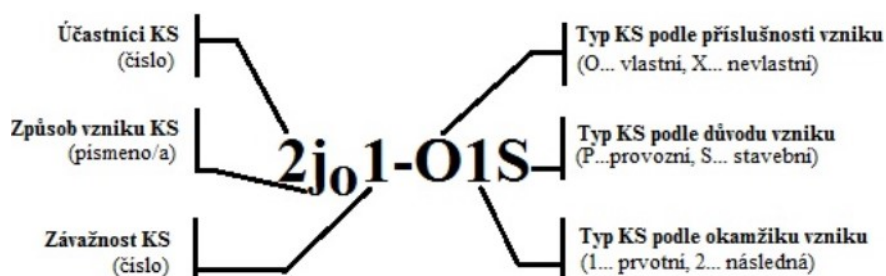
$$R = \frac{17}{365 \cdot 16612 \cdot 10} \cdot 10^6 = 0,28 \quad [\text{počet osobních nehod/mil.voz.a rok}] \quad (12)$$

Po dosazení příslušných hodnot jsem vypočetl hodnotu relativní nehodovosti v intervalu pro bezpečné křižovatky.

### 3.7 Analýza konfliktních situací

Nejdříve je důležité definovat pojem *Konfliktní situace*. *Konfliktní situace* je takový okamžik či situace v silničním provozu, kdy vzniká, resp. může vzniknout, pro některé účastníky větší než obvyklá míra nebezpečí [25]. Každé dopravní nehodě musí samozřejmě předcházet právě konfliktní situace, jež lze také nazývat jako tzv. skoronehodu. Naopak lze tedy říci, že každá dopravní nehoda je důsledkem takové konfliktní situace, kdy se nepodařilo míru nebezpečí střetu odvrátit. Konfliktní situace jsou tedy potenciální nehodové situace a jejich typ pak předurčuje typ dopravní nehody [25]**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Vyhodnocení jsem provedl pomocí označení klasifikačním symbolem a schématického zakreslení vzniku konfliktní situace v souladu s metodou doc. Folprechta, která byla doplněna o nově vysledované konfliktní situace a inovovanější klasifikační symbol. Metoda doc. Folprechta využívá označení konfliktní situace trojmístným klasifikačním symbolem složeného z číslice, písmene a opět číslice. Inovace této metody spočívá v přesnějším rozdělení konfliktních situací, které se objevuje v první trojmístné části značení (před pomlčkou) a doplnění o nově vytvořené trojmístné značení (za pomlčkou). Onačení klasifikačním symbolem popisuje obrázek číslo 8.



Obrázek 8 Inovovaný klasifikační symbol pro označení konfliktní situace[26], upraveno

První část označení, jak již bylo zmíněno začíná číslicí udávající kategorii účastníků konfliktu viz tabulka číslo 13. Následuje písmeno klasifikace podle způsobu konfliktní situace z tabulky číslo 14, která je doplněná o nové situace a zkrácena podle rozsahu objevujících se ve výsledcích. První část je poté ukončená opět číslicí značící klasifikaci podle závažnosti konfliktní situace viz tabulka číslo 15.

Tabulka 13 - Účastníci konfliktu[26]

Kategorie	Znak
chodec	1 ... ..
automobil	2 ... ..
tramvaj	3 ... ..
chodec x automobil	4 ... ..
chodec x tamvaj	5 ... ..
automobil x automobil	6 ... ..
automobil x tramvaj	7 ... ..
tramvaj x tramvaj	8 ... ..
jiné	9 ... ..

Tabulka 14 - Způsob konfliktu [26] - upraveno

Kategorie	Znak
Možnost střetu vlivem otáčení	... O ...
Pasivita	... p ...
Poskytnutí přednosti v jízdě (oproti povinnosti)	... g ...
Nedání přednosti v jízdě	... n ...

Tabulka 15 - Závažnost konfliktu [26]

Kategorie	Znak
Potenciální konfliktní situace (bez reakce)	... .. 1
Konfliktní situace (bez násilné reakce)	... .. 2
Konfliktní situace (s ostrou reakcí)	... .. 3
Dopravní nehoda	... .. 4

Druhá část označení, jak již bylo zmíněno, začíná za pomlčkou a je označená taktéž jako trojmístný symbol pomocí písmene, číslice a písmene. První písmeno charakterizuje vznik dané situace podle příslušnosti.

Příslušnost je rozdělená do následujících dvou skupin [26]:

- *vlastní konfliktní situace (O)* – konfliktní situace, která souvisí přímo s provozem na sledovaném místě, s jeho stavebním uspořádáním atp.,
- *nevlastní konfliktní situace (X)* – konfliktní situace, které nesouvisí přímo s provozem na sledovaném místě, s jeho stavební uspořádáním atp. a vzniknou mimo sledované místo.

Číslice označuje konfliktní situaci podle okamžiku vzniku a dělíme ji na [26]:

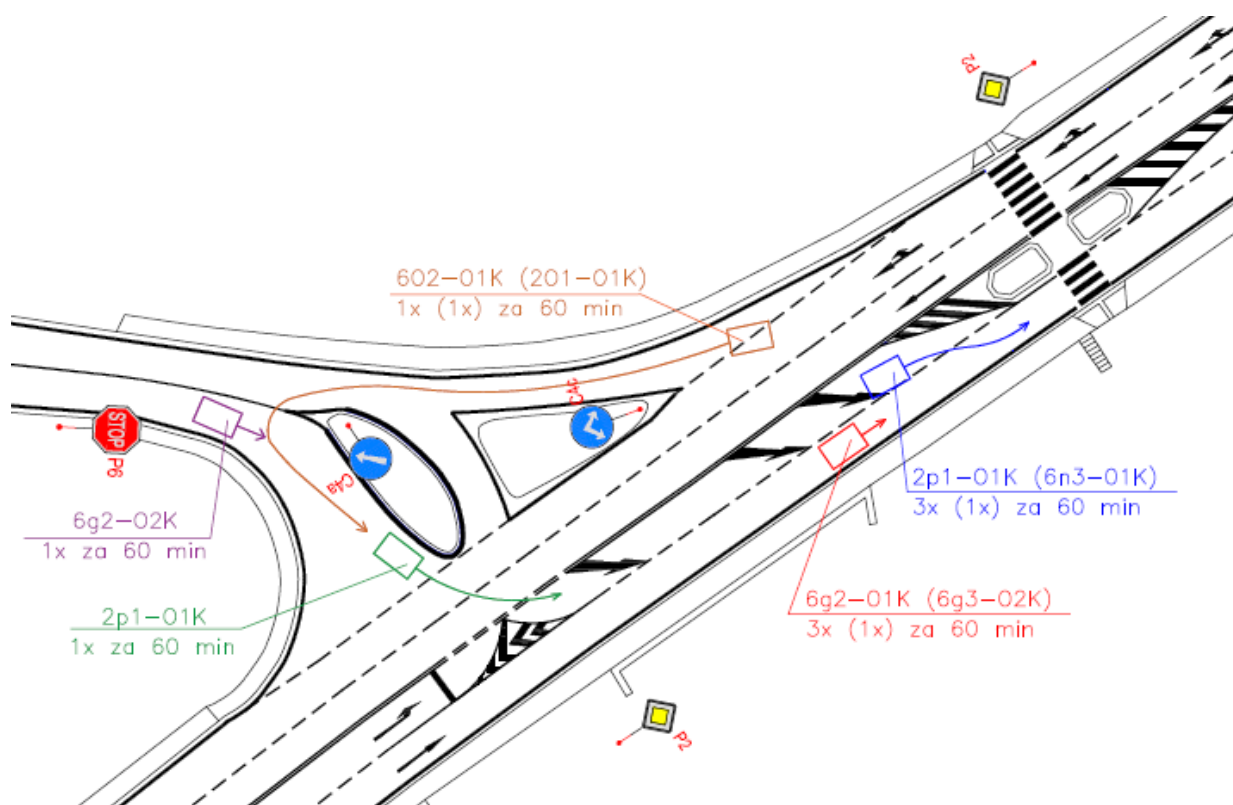
- *prvotní konfliktní situaci (1)* – konfliktní situace, které nejsou vyvolány jinou situací,
- *následné konfliktní situace (2)* – konfliktní situace, které jsou vyvolány jinou situací (zpravidla prvotní, nebo případně i jinou následující situací).



Posledním symbolem v označení je písmeno značící konfliktní situace podle důvodu vzniku, které dělíme na [26]:

- *provozní konfliktní situace (P)* – konfliktní situace zapříčiněná pouze samotným řidičem (resp. Jiným účastníkem silničního provozu),
- *konstrukční konfliktní situace (K)* – konfliktní situace zapříčiněná nejen samotným řidičem, ale také (mnohdy především) nevhodně navrženými stavebními prvky.

Analýzu konfliktních situací na řešené křižovatce jsem provedl na základě pořízeného videozáznamu, jenž také sloužil pro dopravní průzkum. Po vyhodnocení dopravního průzkumu jsem zjistil dobu dopravní špičky, kterou jsem následně analyzoval z důvodu zjištění konfliktních situací. Výsledek jsem zaznačil jako schéma vzniku konfliktních situací, který je vyobrazen na obrázku číslo 9.



V průběhu sledované špičkové hodiny se stalo 12 konfliktních situací. Nejčastější z nich byla situace, kdy docházelo k poskytnutí přednosti v jízdě vozidlům, která stály nebo se připojovaly z připojovacího pruhu vlevo od průběžného jízdního pruhu na hlavní komunikaci. Dále se opakovala konfliktní situace způsobena především stavebním uspořádáním křižovatky, kdy vozidlo odbočovalo z hlavní komunikace na vedlejší, na které se následně otáčelo a jelo zpět.

Míru nebezpečnosti provozu na dané křižovatce je možno vyjádřit pomocí veličiny kterou můžeme získat jednoduchým výpočtem relativní konfliktnosti, který nám udává počet konfliktních situací na sto vozidel. Relativní konfliktnost vypočteme ze vztahu:

$$k_R = \frac{P_{KS}}{I} \cdot 100 \quad [\text{KS}/100 \text{ vozidel}] \quad (13)$$

kde:

$k_R$  relativní konfliktnost [KS/100 vozidel]

$P_{KS}$  počet konfliktních situací za hodinu (pouze KS, jejichž první znak má hodnotu 4 až 8) [KS.h<sup>-1</sup>]

$I$  hodinová intenzita vozidel [voz/h]

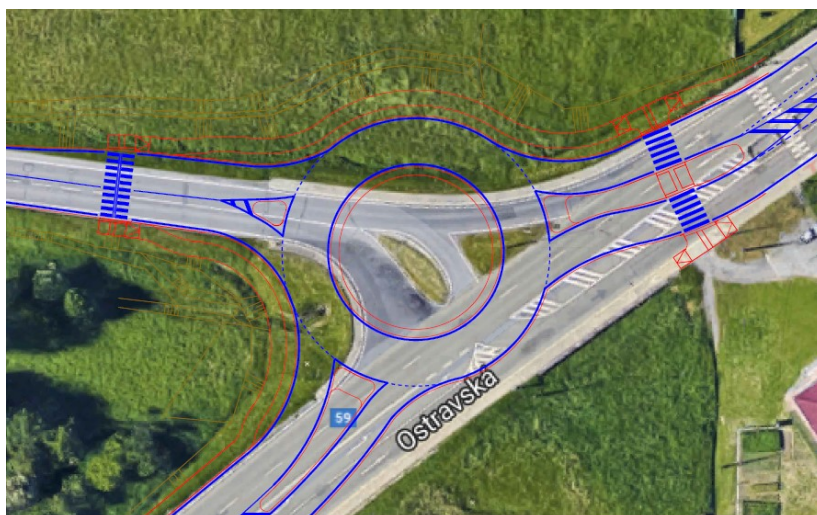
*Tabulka 16 - Výsledek relativní konfliktnosti řešené křižovatky*

$P_{KS}$ [KS.h <sup>-1</sup> ]	$I$ [voz/h]	$K_R$ [KS/100 vozidel]
7	1467	0,48

## 4 Návrh řešení

V této kapitole se nachází podrobný popis zpracovaných dvou možných variant řešení přestavby předmětné křižovatky. Navržené varianty se liší jak svým geometrickým uspořádáním, tak záborem přilehlých ploch a finančních nároků. Společným kritériem pro návrhy bylo usnadnění levého odbočení z vedlejší ulice Michálkovická a zlepšení plynulosti dopravy, jenž je vyhodnoceno v samostatné podkapitole s kapacitním posouzením okružní křižovatky. U těchto návrhů jsem provedl ověření průjezdnosti návrhovými vozidly s předpokladem rychlosti 5-10 km/h. K ověření průjezdnosti a zobrazení vlečných křivek mi posloužil program AutoTURN.

### 4.1 Celkový popis varianty č. 1



*Obrázek 9 – Schéma varianty č. 1[3] upraveno*

V rámci Varianty č. 1 se počítá s přestavbou současné stykové křižovatky na jednoduchou okružní křižovatku s jedním jízdním pruhem na okruhu. Vjezdy a výjezdy jsou rovněž jednopruhé. Okružní křižovatka je odsazená z přímého směru. Díky této úpravě docílíme zpomalení provozu v přímém směru. Tímto typem křižovatky dále usnadníme levé odbočení z vedlejší ulice Michálkovické a jednoznačně vymežíme přednosti v jízdě. Nedílnou součástí tvoří také výkresová příloha v přehledném měřítku. Návrh byl proveden v souladu se zásadami ČSN 73 6110 [13], ČSN 73 6102 [12] a TP 135 [17].

Při návrhu parametrů okružní křižovatky bylo přihlíženo k vysokému počtu tranzitní dopravy. Z důvodu zajištění pohodlného průjezdu křižovatkou byly použity tyto návrhové prvky:

- Vnější průměr 40,00 m
- Průměr středového ostrova 22,60 m
- Šířka prstence 1,20 m
- Šířka okružního jízdního pruhu 7,50 m

U větví okružní křižovatky jsou navrženy dopravní ostrůvky, konkrétně dva s dělicí a jeden s dělicí a ochrannou funkcí přes který je vedený přechod pro chodce. Všechny ostrůvky jsou navrženy tak, aby jejich přední část (blíže k vnějšímu průměru) byla tvořena jako pojízdná plocha ze žulových kostek zvýšená min. 0,03 m a dosahovala délky 3,00 m. Ostrůvek na ulici Michálkovická je tvořen celý jako pojízdná plocha z důvodu jeho malých rozměrů. Poloměr zaoblení těchto ploch je minimálně 0,50 m. Zbylá část větších ostrůvků je navržena jako zvýšená s minimálním poloměrem zaoblení 0,50 m a jsou zatravněné. Středový ostrůvek je rovněž zatravněný.

Přechod pro chodce na ulici Ostravská je navržený jako dělený o šířce 4,00 m a je posunutý blíže ke středu křižovatky oproti původnímu stavu. Nově se tedy počítá s úpravou části komunikace pro pěší, a to zejména kvůli úpravě bezbariérovosti a úpravy pro osoby se sníženou orientací. S tímto souvisí návrh umělých vodících linií jako je například signální pás o šířce 0,8 m a varovný pás o šířce 0,4 m. Provedení varovných pásů je z profilovaných betonových dlaždice v červené barvě. Výrobci uvádějí tuto dlažbu pod názvem „slepecká dlažba“. V místě přechodu je navržená snížená výška obrubníku, konkrétně na hodnotu max. +0,02 m. Přechod pro chodce na ulici Michálkovická je také navržený o šířce 4,00 m ve vzdálenosti 23,00 m od vnějšího průměru okružní křižovatky z důvodu zamezení možného zastavení nejdelší přípustné soupravy, která činí 22,00 m. Přechod je rovněž tvořený bezbariérově s úpravou pro osoby se sníženou orientací doplněný o vodící pás přechodu o šířce 0,55 m z důvodu délky přesahující 8,00 m.

Dopravní značení k této variantě navrhuji jak svislé, tak vodorovné. Z důvodu snížení nákladů se počítá s přesunutím vybraného svislého dopravního značení na nově určená místa. Podrobný výpis přesunutého značení i se zakreslením se nachází na výkresu č.5. Vzhledem k nezbytným činnostem rekonstrukce se také počítá s provedením nového vodorovného

dopravního značení, které bude ve formě stříkaného plastu. Výpis dopravního značení pro variantu č.1 je následující:

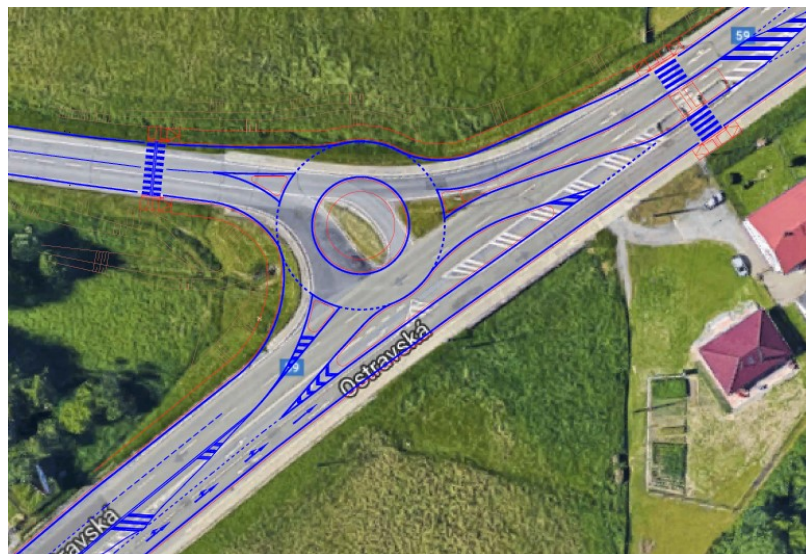
- C1 - kruhový objezd
- C4a - příkázaný směr objíždění vpravo
- IP6 - přechod pro chodce
- IP18a - zvýšení počtu jízdních pruhů
- IS9b - návěst před křižovatkou
- P4 - Dej přednost v jízdě!
- Z3 - vodící tabule
- V1a - podélná čára souvislá šířky 0,125 m
- V1b - dvojitá podélná čára souvislá v provedení 0,125/0,125/0,125 m
- V2b - podélná čára přerušovaná o šířce 0,125 m
- V4 - vodící čára o šířce 0,25 m
- V7 - plocha určená pro přecházení chodců, š. čar 0,5 m rozestupy 0,5 m
- V13a - šikmé rovnoběžné čáry o šířce čar 0,5 m

Veškeré dopravní značení jsem navrhl v souladu s TP 133[16] a TP 65[14].

Pro ověření vlečných křivek jsem použil, jak již bylo výše zmíněno program AutoTURN. V programu byla ověřena průjezdnost trasy daným směrodatným vozidlem. Hlavními kritérii bylo ověřením vhodně navržených geometrických prvků okružní křižovatky a plynulý průjezd.

Při posouzení této varianty bylo vybráno několik směrodatných vozidel kvůli zjištění velkého podílu projíždějících různých typů těžkých vozidel touto křižovatkou. Nejhlavnější z nich je poté vozidlo NS 16,5 m – nákladní souprava a PS 18,7 m – nákladní vozidlo s přívěsem. Během ověřování jsem nezjistil žádné místa, které by nemohly být těmito vozidly projety. Průjezdnost je zde zajištěna.

## 4.2 Celkový popis varianty č.2



Obrázek 10 - Schéma varianty č.2 [3] upraveno

V rámci Varianty č. 2 se taktéž počítá s přestavbou současné stykové křižovatky na okružní křižovatku s jedním jízdním pruhem na okruhu, avšak návrh zahrnuje změnu ve formě bypassu. Bypass je samostatná větev spojující přímý směr větví C a A (ulice Ostravská). Vytvořením bypassu se zvyšuje kapacita okružní křižovatky, a to byl také důvod proč byl bypass vložený mezi větve C a A. Tímto směrem vede největší dopravní proud z pohledu intenzity dopravy. Vjezdy a výjezdy OK jsou rovněž jednopruhé. Okružní křižovatka je z důvodu bypassu hodně odsazená z přímého směru. Důsledkem této úpravy podstatně stěžíme plynulý průjezd. Tímto typem křižovatky naopak usnadníme levé odbočení z vedlejší ulice Michálkovické a jednoznačně vymezíme přednosti v jízdě. Nedílnou součástí tvoří také výkresová příloha v přehledném měřítku. Návrh byl proveden v souladu se zásadami ČSN 73 6110 [13], ČSN 73 6102 [12] a TP 135 [17].

Při návrhu parametrů okružní křižovatky s bypassem bylo přihlíženo k vysokému počtu tranzitní dopravy. Z důvodu zajištění pohodlného průjezdu křižovatkou byly použity tyto návrhové prvky:

- |                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| • Vnější průměr                  | 28,00 m |
| • Průměr středového ostrova      | 11,00 m |
| • Šířka prstence                 | 2,00 m  |
| • Šířka okružního jízdního pruhu | 6,50 m  |

U větvi okružní křižovatky jsou navrženy dopravní ostrůvky, konkrétně dva s dělicí a jeden s dělicí a ochrannou funkcí přes který je vedený přechod pro chodce. Dělicí ostrůvky (malý na větvi C a B) jsou tvořeny jako plná pojízdná plocha ze žulových kostek zvýšená min. 0,03 m z důvodu jejich malých ploch. Dělicí a ochranný ostrůvek na větvi A je tvořen z části jako pojízdná plocha zvýšená min. 0,03 mm a je dlouhá 3,00 m. Poloměr zaoblení těchto ploch je minimálně 0,50 m. Zbylá část dělicího a ochranného ostrůvku na větvi A je navržena jako zvýšená s minimálním poloměrem zaoblení 0,50 m a jsou zatravněné. Středový ostrůvek je rovněž zatravněný.

Přechod pro chodce na ulici Ostravská je navržen jako dělený o nové větší šířce 4,00 m a nachází se na stejném místě jako stávající. Nově se počítá s úpravou části komunikace pro pěší, a to zejména kvůli lepší úpravě bezbariérovosti a úpravy pro osoby se sníženou orientací. S tímto souvisí návrh umělých vodících linií jako je například nový signální pás o šířce 0,8 m a nový varovný pás o šířce 0,4 m. Provedení varovných pásů je opět z profilovaných betonových dlaždice v červené barvě. V místě přechodu je navržená snížená výška obrubníku, konkrétně na hodnotu max. +0,02 m. Přechod pro chodce na ulici Michálkovická je také navržen o šířce 4,00 m ve vzdálenosti 23,00 m od vnějšího průměru okružní křižovatky z důvodu zamezení možného zastavení nejdelší přípustné soupravy, která činí 22,00 m. Přechod je rovněž tvořený bezbariérově s úpravou pro osoby se sníženou orientací doplněný o vodící pás přechodu o šířce 0,55 m z důvodu délky přesahující 8,00 m.

Dopravní značení varianty č.2 navrhuji jak svislé, tak vodorovné. Z důvodu snížení nákladů se počítá s ponecháním vybraného stávajícího svislého značení a s přesunutím vybraného svislého značení na nově určená místa. Podrobné zakreslení se nachází na výkresu č.11. Vzhledem k nezbytným činnostem rekonstrukce se také počítá s provedením nového vodorovného dopravního značení, které bude ve formě stříkaného plastu. Výpis dopravního značení pro variantu č.1 je následující:

- C1 - kruhový objezd
- C4a - příkazáný směr objíždění vpravo
- C4c - příkazáný směr objíždění vpravo a vlevo
- IP6 - přechod pro chodce
- IP18a - zvýšení počtu jízdních pruhů

- IS9b - návěst před křižovatkou
- P4 - Dej přednost v jízdě!
- IS9b - návěst před křižovatkou
- Z3 - vodící tabule
- V1a - podélná čára souvislá šířky 0,125 m
- V1b - dvojitá podélná čára souvislá v provedení 0,125/0,125/0,125 m
- V2b - podélná čára přerušovaná o šířce 0,125 m
- V4 - vodící čára o šířce 0,25 m
- V7 - plocha určená pro přecházení chodců, š. čar 0,5 m rozestupy 0,5 m
- V13a - šikmé rovnoběžné čáry o šířce čar 0,5 m

Veškeré dopravní značení jsem navrhl v souladu s TP 133[16] a TP 65[14].

Hlavními kritérii pro ověření vlečných křivek bylo ověření vhodně navržených geometrických prvků okružní křižovatky a plynulý průjezd.

Při posouzení této varianty bylo taktéž vybráno několik směrodatných vozidel kvůli zjištění velkého podílu projíždějících různých typů těžkých vozidel touto křižovatkou. Nejhlavnější z nich je poté vozidlo NS 16,5 m – nákladní souprava a PS 18,7 m – nákladní vozidlo s přívěsem. Během ověřování jsem nezjistil žádné místa, které by nemohly být těmito vozidly projety. Průjezdnost je zde zajištěna.

### 4.3 Kapacitní posouzení okružních křižovatek

Kapacita okružní křižovatky byla posouzena v souladu s TP 234 [23]. Navržené okružní křižovatky jsem posoudil na intenzitu dopravy a výhledovou intenzitu dopravy v odpolední špičce od 14:30 – 15:30 hodin. Intenzita chodců nebyla zohledněna kvůli velmi nízké intenzitě. Podrobně vypracované protokoly o kapacitním posouzení těchto okružních křižovatek přikládám do přílohy č.5.

Pro kapacitní posouzení okružních křižovatek se využívá, stejně jako při kapacitním posouzení stykových a průsečných křižovatek, zohledněná skladba dopravního proudu, kterou získáme vynásobením intenzity dopravy pomocí přepočtových koeficientů. Tabulku přepočtových koeficientů zde znovu nepřikládám, nýbrž se jen odkážu na str. 20, kde se již tabulka č.4 nachází.



Dalším krokem pro zajištění výpočtu je zjištění geometrického uspořádání okružní křižovatky. Bylo tedy třeba určit počty jízdních pruhů na vjezdu a výjezdu na okruhu, vnější průměr, poloměry vjezdů a výjezdů, vzdálenosti mezi kolizními body a počet spojovacích větví. Stanovení kapacity vjezdu je poté dána vztahem:

$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_k}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_k}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)} \quad (14)$$

kde:

$C_i$  je kapacita vjezdu [povoz/h]

$I_k$  intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h]

$n_k$  počet jízdních pruhů na okruhu [-]

$n_{i,koef}$  koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na vjezdu [-] – 1,00 pro jednopruhové

$t_g$  kritický časový odstup [s]

$t_f$  následný časový odstup [s]

$\Delta$  minimální časový odstup mezi vozidly jedoucimi na okruhu za sebou [s]

Hodnota kritického časového odstupu pro okružní křižovatky s jedním pruhem na okruhu je závislá na vzdálenosti kolizních bodů a je vyjádřena vztahem:

$$\begin{aligned} b < 11,00 \text{ m} & \quad t_g = 4,5 \text{ s} \\ 11,00 \leq b \leq 20,00 & \quad t_g = 5,6 - 0,1 \cdot b \text{ [s]} \\ b > 20,00 \text{ m} & \quad t_g = 3,6 \text{ s,} \end{aligned} \quad (15)$$

Hodnota následného časového odstupu je závislá na poloměru vjezdu a je vyjádřena vztahem:

$$\begin{aligned} R_i < 8,00 \text{ m} & \quad t_f = 3,1 \text{ s} \\ 8,00 \leq R_i \leq 16,00 \text{ m} & \quad t_f = 3,6 - 0,0625 \cdot R_i \text{ [s]} \\ R_i > 16,00 \text{ m} & \quad t_f = 2,6 \text{ s} \end{aligned} \quad (16)$$

Minimální časový odstup je udáván jako konstantní hodnota 2,1 s. Následně se vypočítala rezerva kapacity vjezdu podle vztahu (9). Z této hodnoty poté můžeme stanovit hodnotu střední doby zdržení pomocí grafů orientačně nebo přesně na základě odvozených rovnic Kimber/Hollis z teorie front, závisících na kapacitě jízdního pruhu a její rezervě. V mém případě byla použita přesná metoda pomocí odvozených rovnic. Střední hodnota zdržení nám poté slouží k určení úrovně kvality dopravy. Dále se vypočítal stupeň vytížení vjezdu, jenž se použil pro konečný výpočet stanovení délky fronty. Následuje nový výpočet, a to výpočet kapacity výjezdu z okružní křižovatky, který je vyjádřen vztahem:

$$C_e = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} \text{ [pvoz/h]} \quad (17)$$

kde:

$n_{e,koef}$  koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na výjezdu (1,00 pro jednopruhé)

$t_f$  následný časový odstup vozidel na výjezdu z okružní křižovatky [s]

Hodnota  $t_f$  je dána vzorcem:

$$t_f = \begin{cases} 3,0 & \text{pro } R_e < 15 \\ 3,6 - \frac{0,04 \cdot R_e}{2,4} & \text{pro } 15 \leq R_e \leq 30, \\ 2,4 & \text{pro } R_e > 30 \end{cases} \quad (18)$$

kde:

$R_e$  je poloměr výjezdu [m].

Celý výpočet jsem zakončil výpočtem stupně vytížení výjezdu podle vztahu (14). Pro hodnoty  $\geq 0,9$  výjezd kapacitně vyhoví.

Závěrem této části uvádím tabulku o dosažených výsledcích posuzovaných stavů:

*Tabulka 17 - výsledky posouzení kapacit  $I_{SH}$*

Posuzovaný stav	Časové období	Stávající stav	Varianta číslo 1	Varianta číslo 2
2016	14:30-15:30	VYHOVÍ	VYHOVÍ	VYHOVÍ
2036	14:30-15:31	NEVYHOVÍ	VYHOVÍ	VYHOVÍ

## 5 Vyhodnocení variant

Vyhodnocení variant se provádí z důvodu doporučení nejvhodnější varianty k realizaci přestavby. Pro vyhodnocení nejlepší varianty bylo využito multikriteriální hodnocení. Každé hodnotící kritérium dostalo přiřazenou váhu podle své důležitosti v rozsahu 1 – 3 (1 – nejméně důležité, 3 – nejdůležitější) Následně byla kritéria obodována body 1-10 (1 – nejhorší, 10 – nejlepší). Níže přikládám tabulku s vyhodnocením:

*Tabulka 18 - Tabulka s vyhodnocením*

Hodnotící kritérium	Váha	Varianta 1 body	Hodnocení Varianty 1	Varianta 2 body	Hodnocení Varianty 2
Stavebně-technická náročnost	2	6	12	5	10
Bezpečnost	3	10	30	8	24
Zábor zelených ploch	2	4	8	6	12
Finanční náročnost	2	4	8	6	12
Průjezd pro nadměrné vozidla	3	9	27	7	21
Plynulost dopravy	2	6	12	8	16
Sjednocení tahu, okolní křižovatky	2	8	16	5	10
Estetika	2	8	16	9	18
<b>SUMA</b>			<b>129</b>		<b>123</b>

Vyhodnocení tohoto multikriteriálního hodnocení ukazuje, že Varianta č. 1 je vhodnější pro doporučení realizace přestavby, jelikož získala větší bodové hodnocení, než Varianta č. 2.

## **6 Rozpracování vítězné varianty**

### **6.1 Identifikační údaje**

*Stavba:* Okružní křižovatka ulic Ostravská a Michálkovická v Petřvaldu.

Varianta č.1

*Zadavatel:* VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra dopravního stavitelství 227

*Zhotovitel:* David Škorupa

### **6.2 Zdůvodnění studie**

Hlavním důvodem vypracování této studie přestavby je usnadnění levého odbočení z ulice Michálkovické, které je znesnadňováno díky vzrůstající intenzitě dopravy v přímém směru. V současnosti styková křižovatka kapacitně vyhoví. V horizontu několika let je pravděpodobné zhoršení stávajícího stavu z hlediska kapacity, které bude v návrhovém období 2036 nevyhovující. V průběhu necelých 10 let se stalo celkem 17 nehod. Po výpočtu relativní nehodovosti lze křižovatku označit za bezpečnou. Hlavním důvodem tedy zůstává celkové zlepšení plynulosti dopravy dané lokality.

### **6.3 Stanovení zájmové oblasti**

Předmětná křižovatka se nachází v intravilánu města, kde přilehlé okolí není hustě zastavěno. Začátek stavby na hlavní komunikaci je rameni A (ulice Ostravská) je ve vzdálenosti 60 m od křižného bodu stávající křižovatky. Konec je na rameni C (ulice Ostravská) ve vzdálenosti 50 m od křižného bodu. Na vedlejší komunikaci zasahuje přestavba do vzdálenosti 72 m od křižného bodu křižovatky. Územím je vedena komunikace pro pěší. Z tohoto důvodu je zachován a nově navrhnout přechod pro chodce.

### **6.4 Výchozí údaje pro návrh variant**

Hlavní komunikace (ulice Ostravská) je silnicí I. třídy na území města. Charakterově slouží jako průtah silnice I. třídy a lze ji zařadit do funkční skupiny B – sběrná místní komunikace.

Komunikace je čtyřpruhová, směrově nerozdělená. Označení podle místní komunikace jako MS4 18,5/13,5/50. Vedlejší komunikace (ul. Michálkovická) je silnicí III. třídy na území města. Komunikace je dvoupruhová, směrově nerozdělená. Označení je S 9,5/60. Na komunikaci se nenachází mosty, dráhy ani obslužná zařízení. Podklad pro kapacitní posouzení byl dopravní průzkum.

### **6.5 Charakteristika území**

Dotčené území je zasáhnuto již ukončenou hornickou činností. Přesné složení podloží není známo. Pro tuto studii nebyly provedeny inženýrsko-geologické průzkumy. V blízkosti předmětné křižovatky se nachází soukromé firmy a rodinné domy. Stavba zasahuje do ochranného pásma nadzemní inženýrské sítě VVN. Při výstavbě bude nutné nově vyspádovat příkopy z důvodu správné funkce odvodnění, a to kvůli polohy křižovatky, jenž se nachází v údolí na mírně zvlněném povrchu.

### **6.6 Základní údaje navržené varianty**

Návrh přestavby počítá s provedením jednoduché okružní křižovatky s jedním pruhem na okruhu. Vnější průměr OK je 40,00 m. Šířka jízdního pruhu na okruhu je 7,50 m. Šířka prstence je 1,20 m. Šířky dvou jízdních pruhů na vjezdech jsou široké 5,00 m a jeden 5,50 m z důvodu zajištění lepších podmínek pro těžká nákladní vozidla. Šířka na výjezdu je ve dvou případech (spojení větví A a C) ve velikosti 6,00 m a jednou 5,50 m. Návrh počítá s odstraněním zeminy, na kterém bude provedena konstrukce vozovky. Celková výměra činí přibližně 507,3 m<sup>2</sup>. Návrh vozovky, prstence a komunikace pro pěší byl provedený podle TP 170 [19]. Předpokládána skladba vozovky odpovídá označení D1-T-1-IV-PIII. Skladba prstence má označení D1-T-1-IV-PIII. Návrh skladby komunikací pro pěší odpovídá označení D2-D-1-CH-PIII.

### **6.7 Kapacitní posouzení**

Kapacitní posouzení bylo provedeno na největší intenzitu v odpoledních hodinách v čase od 14:30 – 15:30. Intenzita chodců byla zanedbána. Výpis dosažených výsledku je možné najít v příloze číslo 5.

## 6.8 Posouzení průjezdnosti pomocí vlečných křivek

Posouzení průjezdnosti pomocí vlečných křivek bylo provedeno v programu AutoTURN. Při posuzování bylo vybráno několik směrodatných vozidel. Nejhlavnější z nich je poté vozidlo NS 16,5 m – nákladní souprava a PS 18,7 m – nákladní vozidlo s přívěsem. Průjezdnost je zajištěna.

## 6.9 Rozhledové poměry

Rozhledové poměry jsou ověřeny podle zásad TP 136 [17]. Navržená varianta splňuje požadavky pro okružní křižovatky o vnějším průměru do 50 m. V blízkosti křižovatky se nenachází žádné překážky, které by bránily výhledu při vjezdu na OK nebo při jízdě po okružním jízdním pásu.

## 6.10 Předběžný rozpočet

*Tabulka 19 - Předběžný rozpočet*

Položka	Cena MJ	Měrná jednotka	Počet	Cena
Odstranění povrchu vozovky	652	kč/m <sup>2</sup>	966,87	630 399,24
Nová vozovka	3150	kč/m <sup>2</sup>	2584,94	8 142 561,00
konstrukce vozovky - žulové kostky	2888	kč/m <sup>2</sup>	136,46	394 096,48
Obrubníky	341	kč/m	684,8	233 516,80
Zámková dlažba	349	kč/m <sup>2</sup>	473,9	165 391,10
Profilovaná zámková dlažba	551	kč/m <sup>2</sup>	19,34	10 656,34
Zatravnění ploch	400	kč/m <sup>2</sup>	712,64	285 056,00
Vodorovné dopravní značení	385	kč/m <sup>2</sup>	279,5	107 607,50
Svislé dopravní značení	1050	kč/ks	15	15 750,00
<b>SUMA</b>				<b>9 985 034</b>

## 7 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo prověření možnosti vybudování okružní křižovatky k usnadnění levého odbočení z ulice Micháلكovické. Okružní křižovatka přináší zklidňující opatření a zvyšuje plynulost dopravy. Navrhl jsem proto dvě možné varianty přestavby současné stykové křižovatky. První z variant je klasická okružní křižovatka. Druhá varianta je okružní křižovatka s jedním pásem na okruhu a jednou spojovací větví (Bypassem).

Při projektování jednotlivých návrhů bylo přihlédnuto k požadavkům jako je vyhovující průjezdnost pro nákladní vozidla a zlepšení plynulosti dopravy. U všech navržených variant se prověřovala průjezdnost v programu AutoTURN. Prověření prokázalo plynulý průjezd křižovatkou. Návrhy variant také vyhovují kapacitnímu posouzení pro výhledovou intenzitu dopravy v roce 2036.

Na začátku vypracování variant nebylo zřejmé, která z těchto typů okružních křižovatek bude vhodnější. Pro vybrání nejvhodnější varianty bylo použito multikriteriální hodnocení podle stanovených kritérií. Z tohoto vyhodnocení poté vychází doporučení ke zvolení nejvhodnější varianty, a to varianty číslo 1. Tento návrh vyřeší svým uspořádáním usnadnění levého odbočení z ulice Micháلكovické a zajistí plynulost dopravy. Pro navrženou okružní křižovátku byla dále vypracována textová a výkresová část, která v rámci studie řeší základní technické části a svým zpracováním se stává plnohodnotným podkladem pro následující stupně projektové dokumentace.

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Ivaně Mahdalové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Poděkování patří samozřejmě také mé rodině a přítelkyni za neutuchající podporu a p. Ondřeji Šromovi za poskytnutí odborných rad.



## 8 SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

### 8.1 Internetové zdroje

- [1] Oficiální stránky města Petřvald. *Město Petřvald* [online]. © 2017 [cit. 26.03.2017]. Dostupné z: <http://www.petrvald-mesto.cz/>
- [2] Silnice a komunikace. Ostravské komunikace, a.s. [online]. © 2011 [cit. 26.03.2017]. Dostupné z: <http://www.okas.cz/dalsi-informace/silnice-a-komunikace/silnice-na-uzemi-mesta.html>
- [3] Mapová data. *Google* [online]. © 2017 Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/>
- [4] Mapová data. *Mapy.cz* [online]. © 2017 Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [5] Jízdní řády. *ČSAD Karviná a.s.* [online]. © CIDEM Holding, [cit. 26.03.2017]. Dostupné z: <http://www.3csad.cz/primestska-hd/karvina/jizdni-rady/>
- [6] Jízdní řády. *ČSAD Havířov a.s.* [online]. © CIDEM Holding, [cit. 26.03.2017]. Dostupné z: <http://www.3csad.cz/primestska-hd/havirov/jizdni-rady/>
- [7] Délky a další data komunikací. *Ředitelství silnic a dálnic ČR* [online]. © 2015 [cit. 26.03.2017]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/delky-a-dalsi-data-komunikaci>
- [8] Silniční síť. *Správa silnic Moravskoslezského kraje, příspěvková organizace* [online]. Dostupné z: <http://www.ssmsk.cz/index.php/silnicni-sit>
- [9] Článek k mapě nehodovosti. *Policie České republiky* [online]. © 2017 Policie ČR, [cit. 26.03.2017]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/policie-predstavila-nove-mapy-nehodovosti.aspx>
- [10] Nehody v mapě ČR. *Policie České republiky* [online]. © 2017 Policie ČR, [cit. 26.03.2017]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodyvmape/Search.aspx>

## 8.2 České technické normy

- [11] ČSN 73 6101 *Projektování silnic a dálnic 2004 + změna Z1 + změna Z2*; Praha: ČNI, 2004
- [12] ČSN 73 6102 *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*; Praha: ČNI, 2012
- [13] ČSN 73 6110 *Projektování místních komunikací + změna Z1*; Praha: ČNI, 2006

## 8.3 Technické podmínky

- [14] TP 65
- [15] TP 70
- [16] TP 133
- [17] TP 135
- [18] TP 169
- [19] TP 170
- [20] TP 188
- [21] TP 189
- [22] TP 225
- [23] TP 234

## 8.4 Ostatní

- [24] ČEČOT, V. a kol. *Dopravné nehody*. Bratislava. Vydavateľstvo a nakladateľství respo, spol. s.r.o., 2003, str. 10
- [25] KŘIVDA, Vladislav. *Využití videoanalýzy konfliktních situací při hodnocení nevhodně navržených stavebních prvků na křižovatkách*. Autoreferát habilitační práce. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, 2012. 158 s.
- [26] KŘIVDA, Vladislav. *Konfliktní situace v silniční dopravě*. Studijní materiály pro obor Dopravní inženýrství a Dopravní stavby Fakulty stavební. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Univerzita Pardubice, 2014. 25 s.

## 8.5 Software

- AutoCad
- AutoTurn
- Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel

## 9 Seznam obrázků a tabulek

### 9.1 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Lokalizace města [3] – upraveno .....	12
Obrázek 2 - Mapa širších vztahů [4] - upraveno .....	13
Obrázek 3 - Uspořádání dopravních proudů a označení ramen křižovatky .....	17
Obrázek 4 – Pentlogram odpolední špičkové hodiny .....	18
Obrázek 5 – Graf vztahu střední doby zdržení na kapacitě a rezervy .....	26
Obrázek 6 - Graf pro určení délky fronty[20] .....	26
Obrázek 7 - Snímek dopravní nehodovosti [10].....	28
Obrázek 8 Inovovaný klasifikační symbol pro označení konfliktní situace[26], uprav.....	31
Obrázek 9 – Schéma varianty č. 1[3] upraveno .....	35
Obrázek 10 - Schéma varianty č.2 [3] upraveno .....	38

### 9.2 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Intenzita dopravy v ranních hodinách .....	17
Tabulka 2 - Intenzita dopravy v odpoledních hodinách .....	18
Tabulka 3 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině.....	19
Tabulka 4 - Doporučené přepočtové koeficienty pro stykovou křižovatku [20].....	22
Tabulka 5 - Stupně podřazenosti proudů pro stykové křižovatky [20] .....	23
Tabulka 6 - Součet intenzit nadřazených proudů stykové křižovatky [20] .....	23
Tabulka 7 - Střední hodnota kritických časových odstupů $t_g$ [20].....	23
Tabulka 8 - Hodnoty následného časového odstupu $t_f$ [20] .....	24
Tabulka 9 - Hlavní příčiny nehody.....	28
Tabulka 10 - Všeobecný přehled dopravních nehod .....	29
Tabulka 11 - Přehled stavu povrchů v době dopravních nehod .....	29
Tabulka 12 - Přehled stavu povrchů v době dopravních nehod .....	29
Tabulka 13 - Účastníci konfliktu[26] .....	31
Tabulka 14 - Způsob konfliktu [26] - upraveno .....	32
Tabulka 15 - Závažnost konfliktu [26].....	32

Tabulka 16 - Výsledek relativní konfliktnosti řešené křižovatky .....	34
Tabulka 17 - výsledky posouzení kapacit $I_{SH}$ .....	42
Tabulka 18 - Tabulka s vyhodnocením .....	43
Tabulka 19 - Předběžný rozpočet .....	46

## 10 Seznam příloh

### I. Příloha k textové části

Příloha č.1 Protokoly skladby dopravních proudů pro současný a výhledový rok.

Příloha č.2 Protokol o výpočtu odhadu denních intenzit dopravy podle TP 189

Příloha č.3 Protokol o výpočtu výhledové intenzity podle TP 225

Příloha č.4 Protokoly o kapacitním posouzení křižovatky podle TP 188

Příloha č.5 Protokoly o kapacitním posouzení okružních křižovatek podle TP 234

Příloha č.6 Fotodokumentace

### II. Výkresová dokumentace

1. Širší vztahy
2. Katastrální mapa
3. Stávající stav
4. Situace stavebních úprav – VARIANTA 1
5. Situace DZ – VARIANTA 1
  - 6.1 Situace stavebních výměr
  - 6.2 Výkaz výměr
  - 7.1 Situace řezů – VARIANTA 1
  - 7.2 Řez X-X
  - 7.3 Řez Y-Y
  - 8.1 Vlečné křivky – VARIANTA 1
  - 8.2 Vlečné křivky VARIANTA 1 – tahač s návěsem

- 8.3 Vlečné křivky VARIANTA 1 – tahač s návěsem 2
- 8.4 Vlečné křivky VARIANTA 1 – nákladní vozidlo s přívěsem
- 8.5 Vlečné křivky VARIANTA 1 – nákladní vozidlo s přívěsem 2
- 8.6 Vlečné křivky VARIANTA 1 – vozidlo na odvoz komunálního odpadu
- 9.1 Situace rozhledů VARIANTA 1 č.1
- 9.2 Situace rozhledů VARIANTA 1 č.2
- 10. Situace stavebních úprav VARIANTA 2
- 11. Situace dopravního značení VARIANTA 2
  - 12.1 Vlečné křivky VARIANTA 2 – vozidlo na odvoz komunálního odpadu a nákladní souprava
  - 12.2 Vlečné křivky – VARIANTA 2 – nákladní vozidlo s přívěsem